



**Colegio de Estudios
Superiores de Administración**

**COPA AIRLINES
AHORRO DE COMBUSTIBLE EN AVIACIÓN COMERCIAL
Informe monográfico de práctica empresarial**

Santiago Bayón Pinzón

**Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA-
Pregrado Administración de Empresas
Bogotá, mayo 2016**

COPA AIRLINES
AHORRO DE COMBUSTIBLE EN AVIACIÓN COMERCIAL
Informe monográfico de práctica empresarial

Santiago Bayón Pinzón

Director de tesis:
Catherine Rivera Upegui
Eficiencia operacional en Centro de control operacional - SOCC

Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA-
Pregrado Administración de Empresas
Bogotá, mayo 2016

Contenido

Introducción	5
Contextualización	8
<i>El Single Engine Taxi</i> o carreteo con un solo motor.....	12
Copa Airlines y el <i>Single Engine Taxi</i> : nuestra naturaleza operacional	18
Entendiendo la muestra de datos.....	23
Resultados operacionales en SET	28
Ahorro de combustible por iniciativa SET	46
Estrategias para una nueva industrialización: una política de competitividad a propósito del sector aeronáutico	56
Conclusiones y recomendaciones	60
Bibliografía	63

Tablas

Tabla 1: Número de vuelos con tiempo <i>Taxi Out</i>	13
Tabla 2: Tiempo promedio <i>Taxi Out</i> por aeropuerto en Estados Unidos	14
Tabla 3: Variación en emisiones y consumo en Estados Unidos por aeropuerto	15
Tabla 4: Ahorro en Kg por avión Airbus	16
Tabla 5: Minutos y cantidad de vuelos considerados como ejecutores SET	28
Tabla 6: Minutos y cantidad de vuelos considerados como no ejecutores SET	29
Tabla 7: Cantidad y minutos SET por aeropuerto 2015	31
Tabla 8: Cantidad y minutos SET por aeropuerto enero 2016	33
Tabla 9: Cantidad y minutos SET por aeropuerto febrero 2016	35
Tabla 10: Cantidad y minutos SET por aeropuerto marzo 2016	36
Tabla 11: Cantidad y minutos SET por pista Bogotá	39
Tabla 12: Cantidad y minutos SET por pista Panamá	42
Tabla 13: Cantidad y minutos SET por pista Rionegro	44
Tabla 14: Cantidad y minutos SET por tipo de flota	44
Tabla 15: Ahorro total en galones por tipo de flota	48
Tabla 16: Ahorro total en galones por mes	49
Tabla 17: Ahorro total en galones por mes y aeropuerto 2015	50
Tabla 18: Ahorro total en galones por mes y aeropuerto enero 2016	51
Tabla 19: Ahorro total en galones por mes y aeropuerto febrero 2016	52
Tabla 20: Ahorro total en galones por mes y aeropuerto marzo 2016	53
Tabla 21: Ahorro total en galones por aeropuerto	54
Tabla 22: Ahorro total en dólares por mes	55

Gráficas

Gráfica 1: Tiempo y cantidad total de vuelos SET por aeropuerto en 2015	30
Gráfica 2: Carta de navegación aeropuerto El Dorado de Bogotá	36
Gráfica 3: Carta de navegación aeropuerto Tocumen de Panamá	39
Gráfica 4: Carta de navegación aeropuerto Jose María Córdoba de Rionegro	41

Introducción

En la estructura de costos de la industria aeronáutica mundial, el 70% corresponde a facturación de combustible. Sin duda alguna una porción importante. Además, una de las tendencias mundiales en las compañías de transporte aéreo, como medida de competitividad y sostenibilidad, es la maximización del ahorro en uso del líquido. De ahí viene el proyecto de grado. La idea obedece a validar el ahorro de combustible en la iniciativas que hemos adoptado en la aerolínea hasta el momento que se denomina práctica del carreteo a un solo motor o *Single Engine Taxi (SET)*.

El problema responde al alto consumo de combustible en la operación aérea, a la necesidad de ser competitivos y a cómo una práctica, como el carreteo a sólo un motor, podría generar un ahorro importante. Este sugiere la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuáles son los efectos de una práctica como el rodaje a un solo motor en el ahorro de combustible en el escenario de un vuelo?

La implementación de una iniciativa como tal genera algún tipo de ahorro en la operación aérea de Copa Airlines.

La documentación que sustenta el trabajo es la teoría detrás de esta última práctica. Los temas operacionales y técnicos. Las regulaciones aeronáuticas y el soporte de los pilotos de Copa. La metodología se basa en la utilización de herramientas tecnológicas de navegación aérea, tales como el ACARS; las grabadoras de información de vuelo, los conocimientos de los pilotos y, de

herramientas estadísticas para recolectar y analizar la data obtenida. Al finalizar la investigación, se espera comprobar si la práctica es eficiente en materia de ahorro.

El trabajo consta de los siguientes capítulos. En primer lugar se realiza una contextualización a la temática tratada como complemento a la introducción, a continuación se introduce el concepto del *Single Engine Taxi* como práctica, sus variaciones, características y casos documentados que apoyan la hipótesis. Luego se expone el caso de Copa Airlines, las condiciones operacionales especiales, los beneficios y obstáculos, y el alcance de la práctica en concreto. En seguida, se presenta al lector la muestra de datos obtenida de los sistemas de recolección de datos, los cálculos realizados y los principales hallazgos. Luego, se presentan los datos en concreto, los análisis realizados en términos de la iniciativa del *Single Engine Taxi*, y se presentan los ahorros calculados y efectuados por esta misma iniciativa. Por último, se plantean las conclusiones del trabajo de investigación y las recomendaciones pertinentes.

Finalmente, a continuación se presentan los objetivos de la investigación:

General

- Validar los efectos de la práctica del carreteo a un solo motor en la operación y en la estructura de costos de Copa Airlines.

Específicos

- Verificar si la práctica genera o no ahorro en consumo de combustible durante el carreteo en el escenario de un vuelo.

- Determinar si el ahorro en los aeropuertos con factibilidad para hacer la práctica iguala o supera el 5% del total del consumo cuando no se realiza SET.
- Generar conclusiones y recomendaciones a Copa Airlines.

Contextualización

En concreto y como se mencionó anteriormente, el consumo de combustible en la industria de la aviación es extremadamente alto en términos de costos. También, el consumo depende de varios factores controlables y no controlables. Entre ellos, la meteorología, el peso de las aeronaves, las condiciones geográficas de los aeródromos de donde se despegan y en donde se aterrizan, el desgaste de los motores, los procedimientos en uso del espacio aéreo, entre otros muchos.

La idea es entonces hacerle frente al consumo de combustible y a su afectación de costos con aquellos factores controlables por la operación de una línea aérea. Entre factores controlables se encuentran varias prácticas tales como el uso y configuración de flaps durante aterrizajes, la carga de agua potable de acuerdo a la duración del vuelo, reducción de potencia de motores a bajas altitudes, la optimización de uso de la unidad auxiliar de poder, el monitoreo del exceso de tanqueo de combustible para regular el peso de la nave, el menor uso de aceleración invertida al aterrizar y la práctica del rodaje de salida y de llegada con un solo motor.

En este caso específico el trabajo se centrará en investigar sobre la última práctica, dentro de esos factores controlables, para hacerle frente al alto consumo de combustible. El *Single Engine Taxi (SET)* o rodaje con un solo motor.

El SET no es una práctica reciente ni mucho menos. Han sido varios los casos en el mundo donde se ha intentado implementarla. Por ejemplo, el reporte de la española Iberia en su operación en el aeropuerto O'hare de Chicago ha registrado un ahorro de 352 libras por vuelo en

el Airbus 340-300 y 524 libras por vuelo en el Airbus 340-600 (Aviation, Aviation Pros, 2011). A esta iniciativa en el mismo aeropuerto de los Estados Unidos se han sumado empresas como Alaska Airlines, American Airlines, ANA, Atlantic Express, British Airways, ComAir, Delta Airlines, United Airlines, entre otras (Aviation, Aviation Pros, 2011) por los largos rodajes que se originan en este aeropuerto por sus extensas distancias y su alto flujo de tráfico.

Así las cosas, es importante resaltar que todas y cada una de las aerolíneas operando a nivel mundial es diferente. Cada una tiene una estrategia específica, un entorno competitivo variado, una estructura financiera que difiere y por ello la implementación de una práctica como el SET se debe analizar particularmente para una empresa en específico. Para esta oportunidad, realizaré el análisis sobre Copa Airlines. De ahí que sea pertinente el estudio y el hecho de que el aporte será de importancia.

De esta manera, el aporte teórico que se va a realizar está apoyado en una práctica conocida, pero será relevante en cuanto se tengan en cuenta las condiciones y características específicas de Copa Airlines. Así, se justifica teóricamente la práctica que ya se empezó a realizar.

El trabajo de grado, también está justificado, en el hecho de que ya hemos iniciado la adopción de la práctica en el aeropuerto de Bogotá, Rionegro y Panamá. De ahora en adelante, mediremos los efectos de esta decisión.

Finalmente y sin duda, la propuesta que se plasma en el papel es el desarrollo de una nueva metodología operacional para la compañía. Se espera, que ésta misma resulte en un gran

beneficio para garantizar la sustentabilidad y viabilidad financiera de la aerolínea en una industria tan competitiva y compleja.

La metodología que se desarrolló durante el trabajo contempló y utilizó una serie de herramientas de aeronavegación para captura y recolección de datos, y unas herramientas estadísticas para el análisis de los datos encontrados.

El *Aircraft Communications Addressing and Reporting System* (ACARS) es un Sistema y servicio de comunicación que ayuda esencialmente a los pilotos a recibir información en tiempo real. El sistema utiliza una red global de estaciones terrestres administrada en 160 países y el satélite Inmarsat e Iridium (SITA, 2015).

El ACARS registra todo tipo de información referente a la operación del avión por medio de las grabadoras de vuelo del mismo y las envía a estas estaciones terrestres en donde obtenemos y analizamos la información. Así las cosas, el ACARS proporciona información de consumo de combustible en todo momento del vuelo y fue de gran ayuda para recolectar y analizar la información de consumo de nuestros vuelos en Copa Airlines.

Adicionalmente, se valió del apoyo fundamental de la base de datos operacional de la compañía. Esta base tiene como nombre informe gerencial y recoge toda la información operacional de todos los vuelos. Para este caso fue necesario tener información de fecha, número de vuelo, registros de combustible en el tiempo bloque, la cantidad cargada y el remanente a la llegada. Esta información permitió relacionar los vuelos que realizaron la práctica de SET.

También, se apoyó en el conocimiento de los pilotos de Copa Airlines. En este caso se sustentó en entrevistas que ayudaron o fueron cruciales para desenvolver algún asunto específico en la investigación. Si bien, el ACARS arroja toda la información operacional, surgieron asuntos específicos y no comunes que debieron ser consultados con aviadores pilotos y despachadores.

Finalmente, se valió de la herramienta FDA. Esta herramienta está diseñada para captar diferentes mensajes del avión. Entre estos está el uso de motores. De esta manera, se logra identificar en qué momento se hacen los inicios y apagados de los motores de nuestra flota de Boeing y Embraer. Así mismo se calculó el consumo por minuto sabiendo el tiempo que estos se encontraron funcionando.

Los elementos anteriormente mencionados fueron indispensables para realizar el análisis completo. Pues se necesitó de todos y cada uno de ellos para alcanzar el objetivo de la investigación. A esto se sumaron herramientas gráficas y de manejo de datos para recolectar y analizar la información.

Capítulo 1

El Single Engine Taxi o carreteo con un solo motor

Son las 12:08 m de un día común y corriente en la operación de Copa Airlines Colombia. Los pasajeros se encuentran a bordo del vuelo 534 con origen Bogotá y destino ciudad de Panamá. El avión es un Boeing 737 – 700 y se encuentra en la posición 37 del muelle internacional del aeropuerto El Dorado. La puerta principal del avión ha sido cerrada y los pilotos cuentan con autorización por parte de control de tráfico aéreo para iniciar el retroceso y la puesta en marcha de los motores. El *Paymover* o asistidor de retroceso inicia el empuje del avión hacia el spot de encendido. La pista designada para la salida es la 13R o pista sur del aeropuerto. Pues la salida normalizada es GEPKI2A y consiste en virar hacia la derecha sobre la intersección de Romeo en Bogotá, proceder al VOR de Soacha y continuar rumbo por derecha hacia la costa noroccidental. El tráfico a esa hora en El Dorado no es el más moderado pero si significativo entre salidas y llegadas. El tiempo estimado de rodaje hacia la cabecera de la 13R es de 25 minutos. En ese momento el capitán opta por encender un solo motor y rodar hacia la pista asignada con el segundo motor apagado. Éste último será encendido en cuanto se alcance el punto de espera de autorización para despegue.

Así las cosas, se ha introducido el concepto principal en la investigación. El término *Single Engine Taxi* o rodaje a un solo motor consiste en rodar desde el spot de encendido hasta la pista de despegue con el motor 1 encendido y el motor 2 apagado. Ahora bien, el anterior se conoce como *Single Engine Taxi Out* o rodaje a un solo motor en la salida. Sin embargo, también existe el *Single Engine Taxi In* o rodaje a un solo motor en la llegada. A diferencia del primero, en el

segundo, el avión realiza el aterrizaje por la pista asignada y apaga el motor 2 en cuanto libera la pista y se dirige hacia la posición de parqueo asignada. Entonces, es posible evidenciar que el factor común es que el motor 2 se mantiene apagado durante la fase de rodaje, bien sea en la salida o en la llegada.

El caso de SET en Colombia no está documentado. De ahí que se tenga que recurrir a documentación del exterior para apoyar la teoría del trabajo. Así las cosas, se ve el caso en Estados Unidos. El consumo y el ahorro al hacer la práctica están en función de variables como el tiempo de rodaje, la configuración de los aceleradores, el número de motores que se utilicen si se tratara de un avión de 2 o de 4 motores, los pilotos y las decisiones de las aerolíneas en relación a apagar los motores durante retrasos (Massachusetts Institute of Technology). La siguiente tabla muestra el incremento entre 2006 y 2007 del número de vuelos con sus respectivos tiempos de rodajes en minutos dentro de Estados Unidos.

Tabla 1

Year	Number of flights with taxi-out time (in min)						
	< 20	20-39	40-59	60-89	90-119	120-179	≥ 180
2006	6.9 mil	1.7 mil	197,167	49,116	12,540	5,884	1,198
2007	6.8 mil	1.8 mil	235,197	60,587	15,071	7,171	1,565
Change	-1.5%	+6%	+19%	+23%	+20%	+22%	+31%

(Massachusetts Institute of Technology)

La siguiente tabla muestra el tiempo promedio en minutos de rodaje requerido en la salida en el top 10 de aeropuertos de Estado Unidos.

Tabla 2

Airport	JFK	EWR	LGA	PHL	DTW	BOS	IAH	MSP	ATL	IAD
Avg. taxi-out time (in min)	37.1	29.6	29.0	25.5	20.8	20.6	20.4	20.3	19.9	19.7

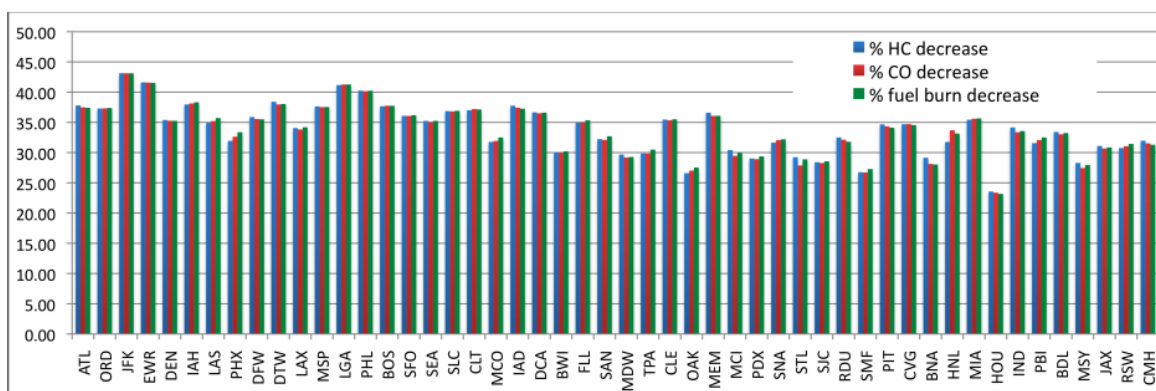
(Massachusetts Institute of Technology)

Estos datos son interesantes en la medida que ayudan a dimensionar la situación en cifras. El número de vuelos con tiempos cada vez más prolongados en la salida ha incrementado sustancialmente, no sólo en Estados Unidos, sino en la industria en general. Pues ésta ha recibido un gran número de jugadores a nivel mundial y el transporte aéreo es cada vez más popular. Además, es claro que en aeropuertos importantes y con gran flujo de tráfico, los tiempos promedio de rodaje no bajan de 19 minutos.

Pero ahora bien y en concreto, ¿cuáles son los beneficios de realizar el rodaje a un solo motor?

El MIT ha estimado los beneficios teóricamente como sigue. El consumo de combustible se podría reducir en un 40% si todos los aviones en todos sus vuelos saliendo de algún aeropuerto de Estados Unidos lo hicieran. Además, las reducciones en materia de contaminantes también reducen en un porcentaje interesante de entre el 40 y el 50 por ciento (Massachusetts Institute of Technology).

Tabla 3



(Massachusetts Institute of Technology)

De acuerdo al fabricante europeo Airbus, los beneficios son varios. Coinciden con el MIT en la reducción de emisiones de CO₂ y otros carburos, y el significativo ahorro en combustible. Además, Airbus asegura que la práctica alarga el ciclo de vida de los frenos, reducen tiempos de tránsitos y favorecería en el cumplimiento de regulaciones internacionales (Docus, 2005).

La siguiente tabla muestra los ahorros de combustible en una práctica estándar de *Single Engine Taxi*.

Tabla 4

Aircraft types	12 minutes taxi (all engines)	12 minutes taxi (8 with engine out)	Engine Out taxi savings
A300-600	300kg	200kg	100kg
A310	240kg	160kg	80kg
A318	120kg	80kg	40kg
A319	120kg	80kg	40kg
A320	138kg	92kg	46kg
A321	162kg	108kg	54kg
A330	300kg	200kg	100kg
A340-200/300	300kg	200kg	100kg
A340-500/600	420kg	280kg	140kg

(Docus, 2005)

En la conferencia, Docus a nombre de Airbus y su familia A320 comentó sobre el ahorro de 180 kilogramos de combustible en un día de operación de un avión que realiza un promedio de 4.5 ciclos o vuelos. En total, en un año un avión ahorraría 65,700 kilogramos de combustible al realizar la práctica. Estos resultados, asegura Docus, fueron basados en una realización de SET durante 8 minutos (Docus, 2005).

Arriba fueron presentadas las cifras de la práctica y su variedad de beneficios. Ahora, es importante presentar que la práctica del *Single Engine Taxi* está sujeta a un sin número de condiciones que deben estar presentes para realizarlas. Adicionalmente, las operaciones aéreas difieren enormemente entre empresas y de ahí que estas también sean indispensables en la aplicación de la práctica. De ahí, que el trabajo resulte interesante, pues no se pueden generalizar los efectos de la práctica en todas las operaciones de todas las aerolíneas.

Finalmente, el *Single Engine Taxi* o rodaje a un solo motor consiste en rodar durante la salida o llegada en un aeropuerto dejando prendido un motor y apagando el otro. El SET resulta muy beneficioso en términos de ahorro de combustible y emisiones de CO₂ y otros elementos altamente contaminantes. Para llevar a cabo SET, las aerolíneas y pilotos cuentan con ciertas condiciones que deben ser tenidas en cuenta en términos operativos. Además, cada línea debe estudiar su modo de operación para aplicar esta práctica.

Capítulo 2

Copa Airlines y el *Single Engine Taxi*: nuestra naturaleza operacional

Copa Airlines tiene una flota compuesta por dos tipos de aviones. Por un lado tiene 26 aviones Embraer 190 de fabricación brasilera y tiene 74 aviones Boeing 737 de fabricación estadounidense. De estos 74 aviones, 57 son de la versión B737-800 y 17 de la versión B737-700.

Para ambos tipos de avión, el fabricante ha dado visto bueno para realizar SET si de ahorrar combustible se trata.

Actualmente, Copa Airlines y Copa Airlines Colombia sirven a un total de 76 destinos en 31 países de Norte, Centro, Sur América y el Caribe. Casi la totalidad de los aeródromos servidos son aptos infraestructuralmente para realizar la práctica a menos que se encuentre con alguna condición operacional especial. En algunas ocasiones, pistas como la de San Andrés en Colombia y su mal estado no permiten realizar SET por precaución y seguridad.

A continuación se presentan las condiciones operacionales que no permiten realizar carreteo con un solo motor.

Para empezar, es preciso aclarar que la decisión de realizar o no el carreteo con un solo motor está a completa discreción y control por parte de los pilotos al realizar una evaluación

operacional durante un vuelo específico. Así, dependiendo de un sin número de factores, que se ahondan a continuación, el piloto decide en hacer o no hacer SET.

Algunos capitanes de Copa Airlines manifestaron algunas de las condiciones óptimas más relevantes para realizar SET en nuestra operación como sigue. En primer lugar, el capitán Escobar asegura que no es recomendable hacerla cuando el peso del avión es muy alto. Un peso alto es aquel que cuenta con una carga total superior al 90% de la capacidad total del avión (Escobar, 2016).

La razón es que el exceso de empuje, y por ende succión, necesario que debería hacer un solo motor puede resultar en una ingestión de algún objeto extraño y causar daño en el motor. El tema recae en que en los aeropuertos y sus calles de rodaje, en donde normalmente no se aceleran mucho los motores, existen variedad de objetos, desperdicios, entre otros, que pueden ser succionados por motores y estos dañarse al hacerlo. Lógicamente, es un escenario no deseado por los concesionarios y autoridades locales, por los efectos que causa, y por ello son campañas bandera de estos dos protagonistas. Sin embargo, no es una situación de la que los aviones están exentos y por eso se deben tomar precauciones. En este caso y como se enunció, la precaución es no realizar SET cuando el avión tiene un peso alto, porque el motor tendría que hacer un esfuerzo poco mayor y la probabilidad de succionar algún objeto incrementaría (Escobar, 2016).

También, la maniobrabilidad de la nave en tierra, bajo esta condición de peso, limita el alcance operacional de la misma. De ahí que no es recomendable hacerla bajo esta condición de peso. El avión pesado es más difícil de maniobrar y por esto se deben tomar también

precauciones tanto en tierra como en aire. En tierra y durante los carreteos, los aviones deben mantenerse con velocidades bajas, prudencias en términos de giros y el desarrollo del mismo según el manual del fabricante, y prudencias en otros aspectos operacionales tales como no carretear con un solo motor para evitar deslices por fuera de áreas en concreto, entre otros (Escobar, 2016).

En adición, no es recomendable hacer SET cuando las calles de rodaje se encuentran húmedas o resbalosas. Algunas aerolíneas, como United Airlines, tienen completamente prohibida esta práctica bajo estas condiciones (Continental Airlines, 2002). La razón es que resulta mucho más complejo dirigir el avión en estas condiciones cuando el empuje no es asimétrico y puede causar algún incidente. Si bien es un tema de precaución, realizar SET en condiciones de superficies húmedas y resbalosas, podría terminar en un incidente grave si se está realizando además de otros aspectos tales como el peso. Por ejemplo, en caso de deslizamiento, el piloto puede maniobrar con el tren de aterrizaje y los motores. Si un piloto estuviera realizando SET y se encontrara en una situación de deslizamiento sólo contaría con un motor y la dirección de las ruedas para maniobrar. En algún caso, el motor que necesitaría para la maniobra podría estar apagado.

Otra característica operacional para decidir sobre realizar SET o no es el tema de visibilidad. Cuando un aeropuerto se encuentra ante una situación de baja visibilidad, normalmente por capas de neblina de diferentes densidades, y los aviones continúan operando en tierra para cumplir itinerarios, los pilotos deben tomar precauciones. En este caso, el procedimiento de carreteo con un solo motor requiere que por lo menos uno de los pilotos preste atención a las pantallas

instrumentales que muestran el comportamiento del motor encendido. Así, este piloto estaría concentrado en los instrumentos, y el otro se encargaría de dirigir el desplazamiento. Sin embargo, bajo las condiciones de visibilidad enunciadas, ambos pilotos deben prestar toda su atención al procedimiento de carreteo, concentrándose completamente en el campo de rodaje y fijando la vista por el parabrisas de la aeronave. El tema tiene relevancia en materia de precaución y es necesario para evitar desastres tan comunes que ha dejado de enseñanza la industria aérea (Fernandez, 2016).

Adicionalmente, la altura y la temperatura influyen a la hora de decidir hacer SET. En aeropuertos ubicados a elevadas altitudes, los pilotos han encontrado que en varias ocasiones el motor 2, el cual es encendido unos instantes antes del despegue, genera un error de *Engine No Light Off*. Este mensaje consiste en que el motor no pudo iniciarse a causa de una combustión fallida. Así las cosas, los pilotos a veces deciden no hacer SET en algunos aeropuertos. Por ejemplo, en el nuevo aeropuerto de Tababela que sirve a Quito. En Bogotá, si bien el aeropuerto El Dorado se encuentra a 8,360 pies o 2600 metros, los aviones no reaccionan de esta manera al momento de encender los motores. De ahí, que la práctica en Bogotá sea exitosa en la gran mayoría de los casos y sabiendo que es segundo hub de la aerolínea Copa (Fernandez, 2016).

La temperatura entra a jugar en relación cercana a la altura. El tema es que a mayor temperatura, menor presión atmosférica sobre la superficie. Este efecto de la presión se da también a mayores elevaciones sobre el nivel del mar. Por ejemplo, Bogotá está a 2,600 metros sobre el nivel del mar y Santa Marta está a 2 metros sobre el mismo nivel. En este caso, Bogotá cuenta con una menor presión y densidad del aire que Santa Marta. Es decir, a mayores

temperaturas, los efectos de menor presión y densidad del aire, equivaldrían a los de una mayor elevación sobre el nivel del mar. Entonces, si el aeropuerto se encuentra a una elevación importante y la temperatura es demasiado elevada, el piloto debería considerar no hacer SET.

Otra consideración que puede ser relevante es el tiempo de carreteo estimado en un aeropuerto a una hora determinada. Cuando se sabe, por motivos operacionales de un momento específico, que el carreteo será corto, el piloto podría decidir no realizar el procedimiento por no encontrar gran utilidad o necesidad. De hecho, la iniciativa de SET nace como respuesta a los aeropuertos del siglo XXI con superficies extensas y tráfico denso que hacen que los aviones deban esperar periodos largos de tiempo para realizar el despegue. Adicionalmente, es imperativo mencionar una condición exigida por ambos fabricantes de los aviones operador por Copa. Los motores deben precalentarse y permanecer funcionando por lo menos 2 minutos en posición *Idle* (posición de encendido sin aceleración adicional) antes de aplicarle 100% de poder para el despegue con el objetivo de estabilizar térmicamente las secciones calientes del motor (Boeing, 2002).

Una última consideración es la inclinación de pendiente de una calle de rodaje en un aeropuerto específico. Cuando estas pendientes son demasiado elevadas, los pilotos deben considerar todos los aspectos relevantes, como los explicados arriba, para decidir si hacen o no SET. Por ejemplo, en San José de Costa Rica la pista 25 cuenta con una pendiente con una inclinación importante. Por esta razón varios pilotos consideran y deciden posteriormente no hacer SET cuando es esta la pista que se encuentra activa para las maniobras de aterrizaje y despegue (Fernandez, 2016).

Capítulo 3

Entendiendo la muestra de datos

Los datos

La muestra está compuesta por 9485 registros. Un registro consta de un vuelo o ciclo con un origen, un destino y una programación ejecutada en algún momento en el tiempo. Este periodo de tiempo en cuestión y, el que fue utilizado para extraer esta muestra de registros, consiste en los datos que se lograron recopilar en los meses desde enero hasta mayo de 2015 y desde enero hasta marzo de 2016.

Esta muestra de datos se obtuvo como resultado de un gran esfuerzo y un arduo proceso, que si bien son más un medio que un fin de esta investigación, se enuncian brevemente para su valoración. El primero, y como se introdujo al comienzo del trabajo, es una serie de procesos técnicos y sistemáticos que consistieron en extraer, decodificar, recopilar, y organizar desde el sistema de comunicación y reporte de los aviones o ACARS, toda la información referente a encendido de motores y demás para entender y analizar los procesos relacionados con SET. En el ACARS se almacenan todos los mensajes que el avión registra en un vuelo y son emitidos con varios propósitos. De esta forma es posible obtener este tipo de información.

Lógicamente, es un proceso complejo, que utiliza otras sub herramientas para extraer y decodificar dichos hallazgos. De este proceso surgen datos un poco variados, con consistencias diferentes, con alteraciones indeseadas, entre otras muchas, que dependen de temas

incontrolables en el corto plazo como la forma en que los mensajes son capturados o ingresados en el ACARS. Así las cosas, se evidencia que la muestra varía, por ejemplo, en cantidad de registros de mes a mes. Este impacto aun así permite evidenciar una realidad operacional completamente certera y válida para análisis con la cantidad de registros recolectados. Que si bien no es la totalidad, alcanza un número importante. Esto significa que la variación de datos es más o menos proporcional entre periodos de tiempo y por esta razón permiten su comparación dentro del análisis.

Además, durante este último año, se ha intentado modificar algunos aspectos de la metodología en base a la captura y la extracción como una prueba a futuro, pero que son determinantes en los datos que se obtienen en el momento. Así las cosas, y por ejemplo, los datos de los primeros meses de 2015 contienen sólo información de los tres aeropuertos principales en la operación de Copa. Otro ejemplo, es que desde enero de 2016 se ha intentado realizar el proceso para la totalidad de los vuelos a nivel sistema y en todos los 76 destinos de la empresa, para abarcar la totalidad de los esfuerzos realizados por las tripulaciones. Así las cosas, se podrá evidenciar una recolección de datos muchísimo más amplia en los primeros meses de 2016 que en los primeros de 2015 como efectos de estos cambios descritos.

El segundo esfuerzo y proceso que está relacionado con la extracción, decodificación, recopilación y organizar la información es un tema político. Este consiste en dificultades en procesos de homologación de ambas áreas encargadas de los procesos de eficiencia operacional en Copa Airlines y Copa Airlines Colombia. Estas dificultades en procesos de homologación se

han argumentado como temas de prioridades y temas de seguridad con respecto al manejo de la información específicamente de tripulaciones de vuelo.

Las consecuencias de estos obstáculos políticos se ven reflejadas en una reducción adicional en la data obtenida como parte de la muestra que se analiza en esta investigación para efectos de análisis de ejecución y ahorro de combustible por medio de la iniciativa de SET.

En resumen, los datos recopilados y organizados sobre SET están limitados y presentan inconsistencias en el periodo de tiempo considerado por temas técnicos y por temas políticos.

Los Campos

Los campos, de los cuales se derivan los datos presentados arriba, que componen la muestra utilizada consisten en los siguientes.

En primer lugar se tiene el mes y el año en el cual el registro o vuelo fue ejecutado. Luego se tiene un número de registro que no tiene una función diferente a la de nombrar el vuelo realizado. Después, tenemos el dato del aeropuerto donde se origina el vuelo, seguido del aeropuerto de destino del mismo. Ambos están descritos en el código ICAO compuesto por 4 caracteres.

Más adelante, se encuentra la matrícula del avión con la que se encuentra registrada la aeronave ante la aeronáutica civil y la que nos permite conocer el tipo de avión en el que se realizó el registro y el detalle del mismo en específico.

También, las pistas de los aeropuertos cuentan con nombre propio. Este consiste en un número de una o dos cifras acompañado de una letra, usualmente L de *Left* y R de *Right*, dependiendo de si el aeródromo que cuentan con más de una pista. De esto se trata el siguiente campo. Se logró concretar la pista desde la cual el vuelo realiza el despegue, y resulta una herramienta súper valiosa para realizar análisis en términos de SET.

En seguida, tenemos el dato del carreteo total. Es decir, el tiempo total que transcurre entre el cierre de puertas del avión desde la posición en el terminal y la carrera de despegue desde la pista. En específico, desde la salida del vuelo hasta el despegue.

Los datos siguientes, de grandísima importancia también, hacen referencia a los dos instantes en que se encienden ambos motores. El motor número 1 y el número 2 desde cualquiera de nuestros Boeing o Embraer.

Después, se tiene el dato que indica el tiempo total de carreteo en donde se tuvo por lo menos un motor encendido. Es decir, este tiempo descarta el tiempo muerto del inicio en donde ninguno de los dos motores está funcionando, y que por ende no es relevante en el análisis de utilización de SET. Este resultado surge de la diferencia del tiempo total de carreteo y el instante en el que se enciende el primer motor.

A continuación está el campo que indica cuál fue el tiempo total en que se realizó SET durante dicho vuelo. Este resultado se obtiene al encontrar la diferencia entre el instante en que se encendió el motor 1 y el motor 2. Con este dato y el anterior es posible identificar el porcentaje de ejecución de SET. Es decir, por cada minuto total de carreteo con al menos un motor encendido, ¿cuánto tiempo de SET fue realizado?

Para considerar que un vuelo ha realizado SET, y que este contribuya de una forma contundente hacia el objetivo de ahorro de la iniciativa, se ha considerado un parámetro especial. Este consiste en que si el porcentaje de SET realizado durante el carreteo en un vuelo es por lo menos de 20%, se considera y contempla como un esfuerzo que genera ahorro. De lo contrario, no se hace. En otras palabras, si un vuelo hace 20% de SET sobre el total de carreteo con por lo menos un motor encendido, se considera como efectivo para carreteo con un solo motor.

Finalmente, la muestra contempla el tipo de avión en el que fue realizado el vuelo, sabiendo que la matrícula de registro fue extraída del ACARS.

Capítulo 4

Resultados operacionales en SET

En términos generales y basados en los hallazgos de la muestra analizada, el mes con mayor cantidad de minutos en donde se realizó SET fue febrero de 2016 con 4987 minutos y 10 segundos. Le sigue enero de 2015 con 4140 minutos y 40 segundos. Finalmente, febrero de 2015 con 3662 minutos y 50 segundos se SET.

La siguiente tabla muestra los hallazgos completos de minutos disponibles para hacer SET, los minutos en los que actualmente se implementó la práctica, y el número de vuelos que la realizaron según la muestra de datos y en el mes cubierto.

Tabla 5

Minutos y cantidad de vuelos considerados como ejecutores de SET			
2015			
Mes	Tiempo disponible para hacer SET (min)	Tiempo de SET ejecutado	Cantidad de vuelos
Enero	6550:07	4140:40	412
Febrero	5597:49	3662:50	331
Marzo	3880:55	2545:46	235
Abril	2483:17	1588:31	141
Mayo	3046:34	1987:10	167
2016			
Mes	Tiempo disponible para hacer SET (min)	Tiempo de SET ejecutado	Cantidad de vuelos
Enero	4525:17	3162:11	383
Febrero	8094:28	4987:10	522
Marzo	209:40	160:07	18
Total	34388:07	22234:25	2209

(Fuente: elaboración propia)

Esta otra tabla, ilustra la cantidad de vuelos, con los mismos parámetros enunciados en la tabla anterior, pero de los vuelos que no aplican para considerarse como ejecutores de la iniciativa sobre la muestra analizada. Recuerde que para que a un vuelo se le reconozca el esfuerzo de haber aportado a la iniciativa y efectivamente generar ahorro importante, este debe haber realizado por lo menos 20% de SET sobre el tiempo de carreteo con por lo menos un solo motor encendido. Este dato, puede dar una idea general al lector sobre las posibilidades de ahorro que esta práctica generaría.

Tabla 6

Minutos y cantidad de vuelos no considerados como ejecutores de SET			
2015			
Mes	Tiempo disponible para hacer SET (min)	Tiempo de SET ejecutado	Cantidad de vuelos
Enero	4118:12	352:37	304
Febrero	3478:27	294:34	250
Marzo	3134:10	256:28	211
Abril	4231:48	333:21	300
Mayo	3491:23	283:43	234
2016			
Mes	Tiempo disponible para hacer SET (min)	Tiempo de SET ejecutado	Cantidad de vuelos
Enero	24786:59	00:44	1436
Febrero	93632:26	24:02	4380
Marzo	1723:34	00:00	164
Total	138596:59	1545:29	7279

(Fuente: elaboración propia)

Como se puede evidenciar, a nivel Holding, el número de vuelos que no realizan SET es aún alto en relación contra los vuelos que lo hacen. Este dato permite evidenciar las grandes oportunidades de mejora en implementación de esta práctica, sobre todo al analizar las diferencias en la muestra de los datos correspondientes al año 2016.

De aquí en adelante, los datos corresponden únicamente a todos aquellos vuelos de la muestra que se consideran como ejecutores de SET; es decir, los datos presentados en la tabla 1.

A continuación se presenta la información por cada mes contemplado y cada aeropuerto contemplado en la muestra.

Para Enero de 2015 el aeropuerto con mayor tiempo en minutos de SET realizado fue Bogotá. Le siguió Panamá y, finalmente Rionegro. Para febrero de 2015 Rionegro superó a Panamá en tiempo y en Marzo la situación fue igual que en Enero.

En abril Bogotá continuó siendo el pionero implementando la iniciativa y en mayo se mantuvo la situación de esta manera. Es importante recordar que para 2015 y según la situación explicada en el capítulo anterior sobre las particularidades de la muestra obtenida, los únicos datos recolectados pertenecen a estos tres aeropuertos.

La siguiente tabla muestra la información para el año 2015 por mes. Se presentan la cantidad de vuelos ejecutores de SET por estación y la cantidad de minutos totales por aeropuerto.

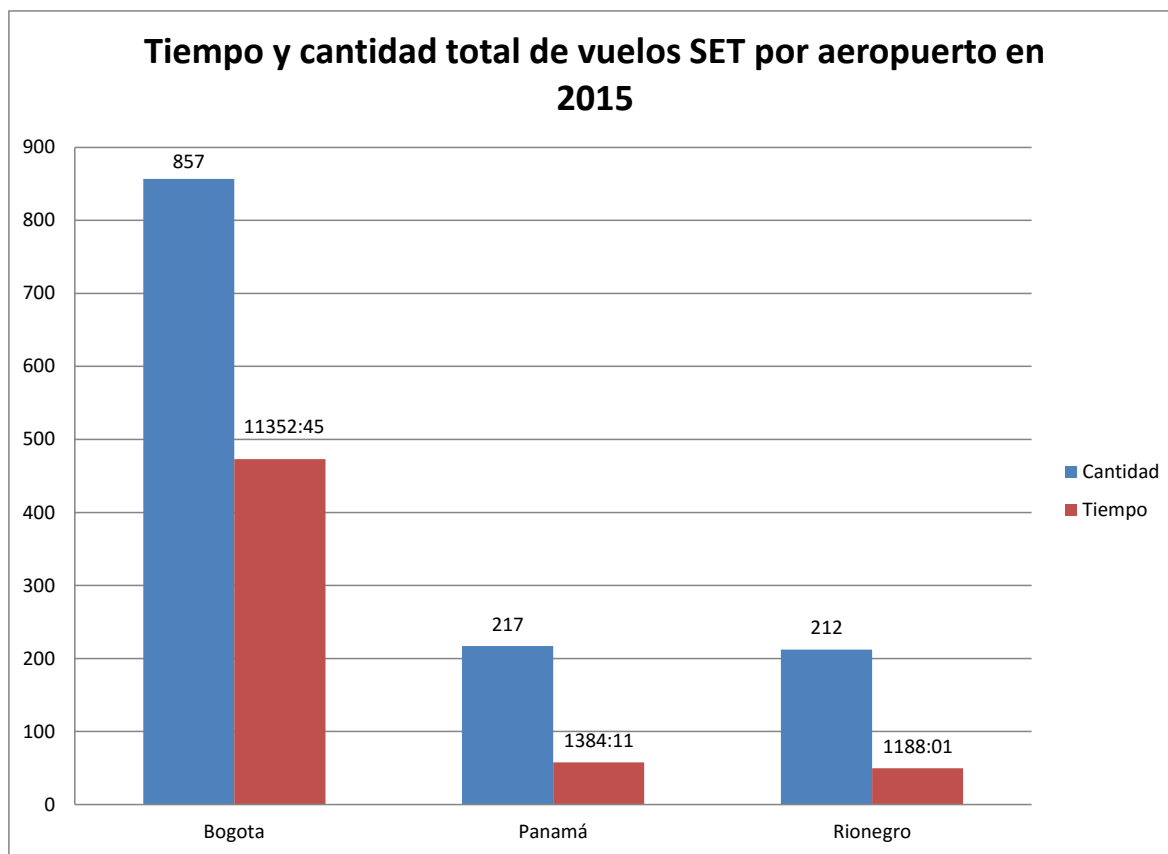
Tabla 7

Cantidad y minutos SET por aeropuerto			
2015			
Mes	Aeropuerto	Cantidad de vuelos	Tiempo total
Enero	Bogota	251	3125:35
	Panama	77	543:28
	Rionegro	84	471:37
Febrero	Bogota	216	2994:25
	Rionegro	63	350:10
	Panama	52	318:15
Marzo	Bogota	155	2080:25
	Panama	44	258:46
	Rionegro	36	206:35
Abril	Bogota	104	1393:25
	Panama	20	110:42
	Rionegro	17	84:24
Mayo	Bogota	131	1758:55
	Panama	24	153:00
	Rionegro	12	75:15

(Fuente: elaboración propia)

El siguiente gráfico muestra la cantidad total de vuelos SET y tiempo total por aeropuerto en 2015.

Gráfica 1



(Fuente: elaboración propia)

En seguida se muestran los resultados operacionales para el año 2016. Estos datos se presentan mes a mes porque la cantidad de registros aumenta según la situación presentada en el capítulo anterior. Así las cosas, se puede evidenciar la cantidad de vuelos ejecutores SET por aeropuerto y el tiempo total en minutos.

Para enero los aeropuertos que siguen liderando la ejecución de la iniciativa son Bogotá, Panamá y Rionegro. Se puede evidenciar también aportes importantes en ciudades como Cali y San José de Costa Rica.

Tabla 8

Cantidad y minutos SET por aeropuerto			
2016			
Mes	Aeropuerto	Cantidad de vuelos	Tiempo total
Enero	Panama	142	878:25
	Bogota	113	1581:22
	Rionegro	32	178:59
	San Jose CR	12	71:51
	Guatemala	8	59:08
	Mexico	3	27:54
	Orlando	1	10:14
	Santo Domingo	1	05:51
	Punta Cana	4	22:03
	La Habana	2	10:42
	Cancun	7	50:13
	Cartagena	6	30:20
	San Andrés	4	13:00
	Bucaramanga	3	12:33
	Pereira	1	03:13
	Aruba	7	57:01
	Cali	22	79:17
	Cúcuta	1	04:26
	Barraquilla	8	40:35
	San Pedro Sula	6	25:04

(Fuente: elaboración propia)

Para febrero tuvimos 6 aeropuertos que se sumaron a la iniciativa por primera vez. Como bien se enunció en el capítulo anterior, la muestra se presente con datos variados y consistencias diferentes que se ven reflejadas principalmente en la cantidad de vuelos. De esta manera, podemos evidenciar sin duda alguna los vuelos que ejecutan la iniciativa en aeropuertos nuevos y diferentes.

Del mismo modo, continuamos viendo a Bogotá, Panamá y Rionegro como top ejecutores. Sin embargo, se ve un aporte interesante en aeropuertos como Cancún, Barranquilla, Aruba, Cartagena, Punta Cana y Guatemala.

Tabla 9

Cantidad y minutos SET por aeropuerto			
2016			
Mes	Aeropuerto	Cantidad de vuelos	Tiempo total
Febrero	Panama	213	1300:42
	Bogota	122	1488:13
	Rionegro	31	1284:30
	San Jose CR	13	91:09
	Guatemala	11	94:55
	Mexico	3	23:13
	Santiago de Chile	2	17:29
	Lima	1	03:24
	San Juan PR	2	13:50
	Santo Domingo	1	05:40
	Punta Cana	11	67:02
	Belo Horizonte	1	10:18
	Caracas	3	14:12
	La Habana	1	05:15
	Cancun	14	93:00
	Cartagena	11	66:15
	San Andrés	7	40:39
	Bucaramanga	2	08:08
	Pereira	5	20:44
	Aruba	10	51:43
	Cali	19	81:25
	Cucuta	3	10:28
	Barranquilla	22	110:45
	Kingston	1	13:00
	San Pedro Sula	4	25:22
	Los Angeles	2	16:45
	Santiago de los caballeros	7	29:04

(Fuente: elaboración propia)

Para efectos de la investigación se tuvo que hacer un corte los primeros días de marzo y por esta razón los datos son pocos y los reflejos de tiempo total de SET realizado en los vuelos es bajo. Sin embargo, y como ya se mencionó, esta variación no afecta la realidad operacional en ningún momento, y los datos son certeros en cuanto a proporción según el corte realizado los primeros días del mes de marzo.

Así las cosas, para este último mes se continúan destacando las tres ciudades de Bogotá, Panamá y Rionegro. La novedad para este mes fueron los grandes avances en Ciudad de México, aeropuerto en el que ya se había empezado a ejecutar la iniciativa pero no se había hecho de forma contundente.

Tabla 10

Cantidad y minutos SET por aeropuerto			
2016			
Mes	Aeropuerto	Cantidad de vuelos	Tiempo total
Marzo	Panama	213	32:56
	Bogota	122	95:13
	Rionegro	31	27:54
	Mexico	13	04:04

(Fuente: elaboración propia)

Como bien se puede detallar las ciudades con mayor aporte en términos de ejecución, y por eso ahorro en ejecución de SET, son aquellas donde la operación de Copa Airlines se concentra. De ahí que fuera de esperarse las magnitudes de las cifras presentadas. No significa que en otros

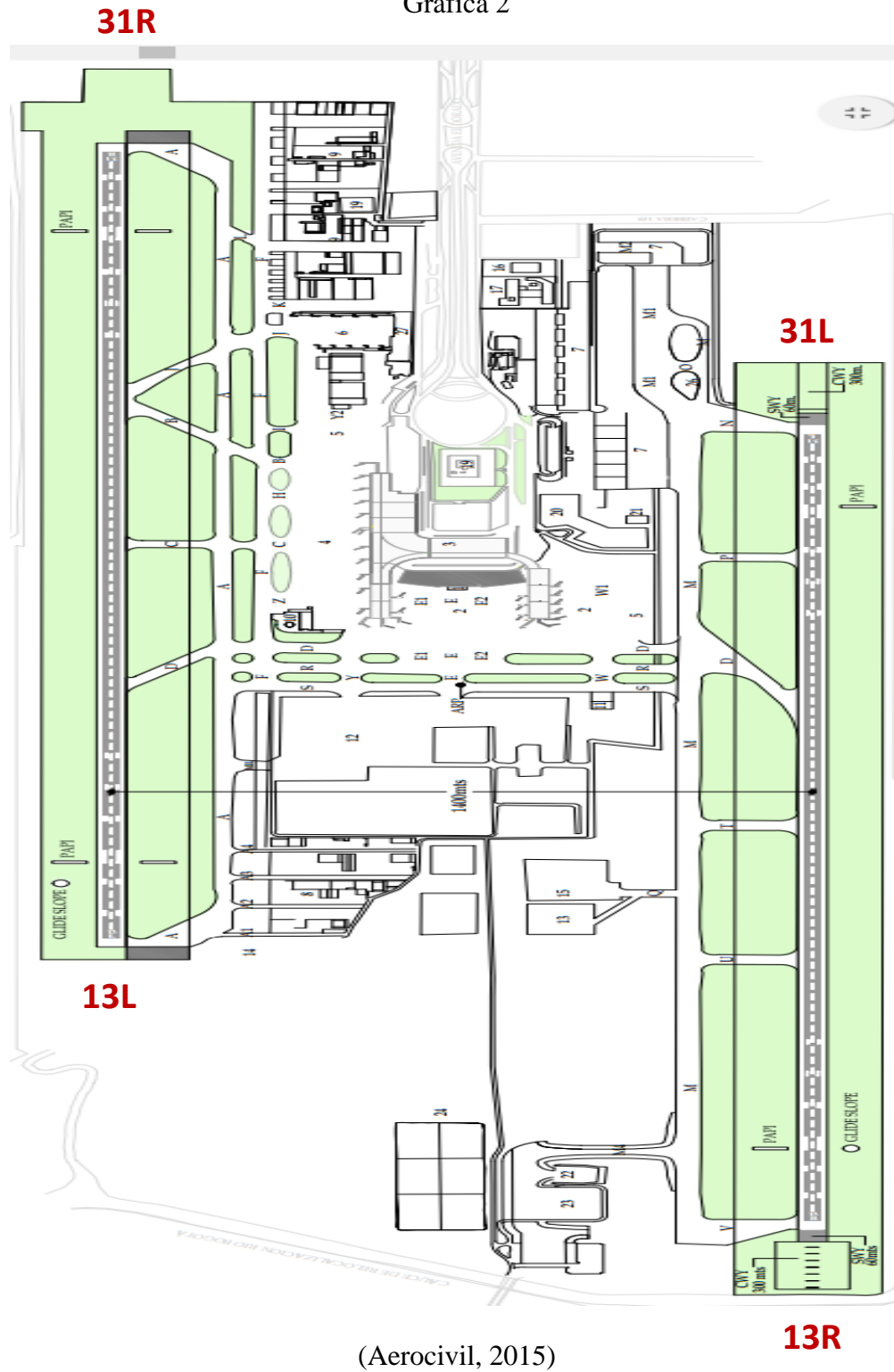
aeropuertos se menosprecie la iniciativa ni mucho menos, sino que en ninguna otra ciudad se alcanzarán los números elevados de estas tres ciudades por el tema de concentración operacional.

Habiéndose dado cuenta de lo anterior, es interesante entrar un poco en detalle sobre estos tres aeropuertos. Más específicamente y a continuación se presentan los datos obtenidos discriminados por la pista que usó cada vuelo para hacer su despegue y el carreteo entre su posición de parqueo y la cabecera de la pista en cuestión.

En primer lugar, el aeropuerto El Dorado de Bogotá cuenta con 2 pistas. Una norte y otra sur. Como se explicó con anterioridad, a su vez, cada pista es utilizada en un sentido u otro dependiendo de la dirección y velocidad del viento y que así se puedan efectuar despegues y aterrizajes de acuerdo a las leyes físicas y de aeronavegabilidad. En este sentido, cada extremo de cada pista se denomina cabecera y se le conoce por un nombre que usualmente es un número y una letra. En el caso de Bogotá las cabeceras de las pistas son las 13R, 13L, 31R y 31L.

A continuación se presenta la carta de navegación para carreteos del aeropuerto El Dorado para que el lector se pueda dar una imagen más clara de la situación que se describe.

Gráfica 2



(Aerocivil, 2015)

En Bogotá, por la posición de las terminales de parqueo, y las asignaciones para Copa Airlines, resulta altamente beneficiosos realizar SET sea cual sea la pista asignada para realizar el despegue. Sin embargo, si la pista asignada es la sur y la cabecera 13R, es especialmente contundente la oportunidad de ahorro por la distancia que debe recorrer el avión desde la terminal de pasajeros.

La siguiente tabla muestra la cantidad de vuelos y el tiempo total SET realizado en Bogotá por cada pista asignada.

Tabla 11

Cantidad y minutos SET por pista		
Bogotá		
Pista	Cantidad de vuelos	Tiempo total
13R	201	10040:38
13L	708	1859:39
31R	12	120:04
31L	42	662:43

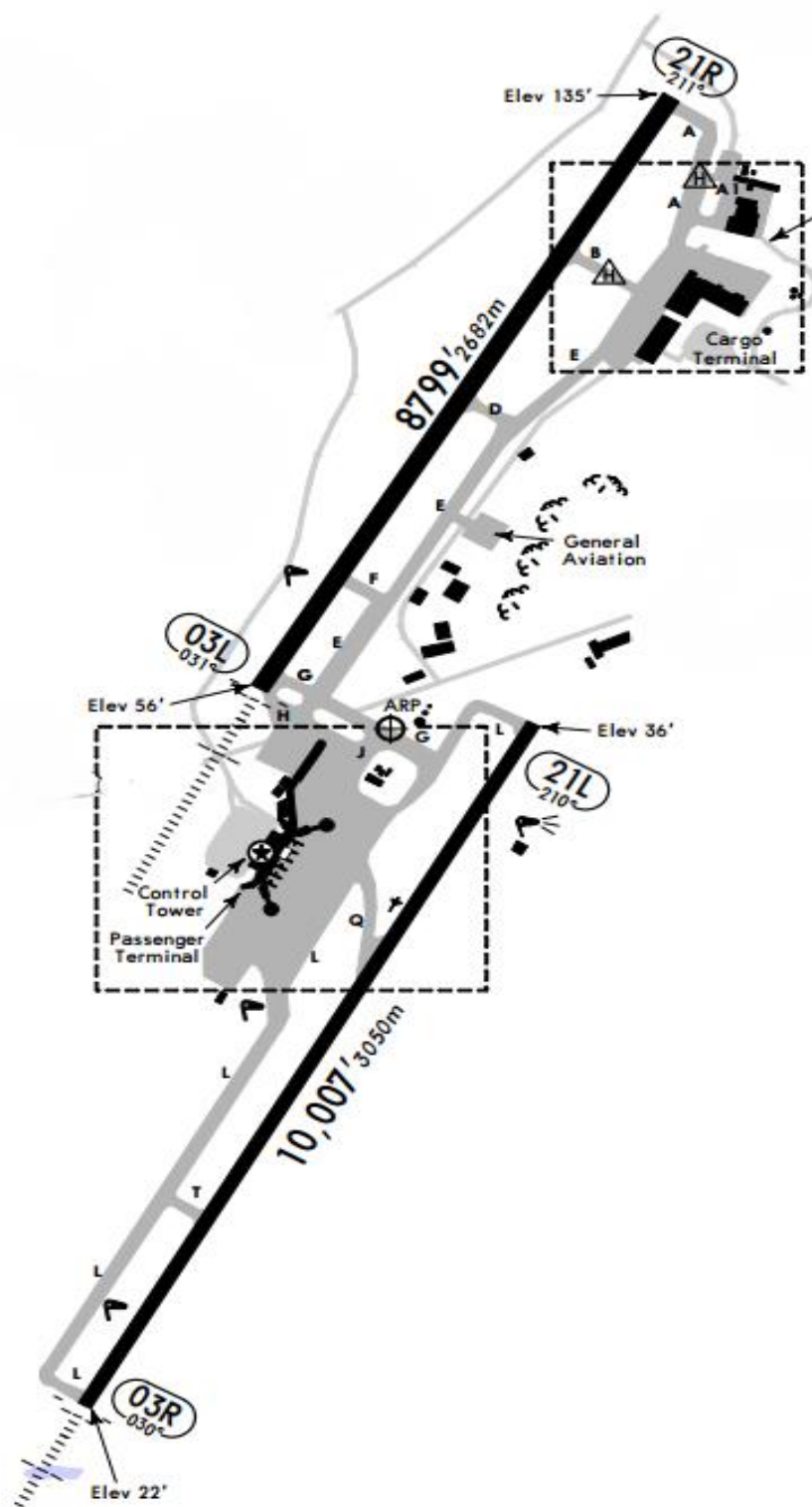
(Fuente: elaboración propia)

El caso de Panamá es parecido. El aeropuerto Tocumen también cuenta con dos pistas. Las condiciones de viento también inciden sobre la asignación para despegar. Sin embargo, normalmente se utiliza la misma configuración, pues estos factores tienen tal contundencia. Así, Panamá cuenta con las cabeceras 3L y 3R para realizar despegues y aterrizajes en la configuración normal y es la utilizada la gran parte del tiempo.

Además, el aeropuerto de Panamá cuenta con dos terminales. Una nueva y una más antigua. La norte y la sur respectivamente. En términos de SET y por temas de distancia, siempre resultará más beneficioso realizar la iniciativa cuando la pista asignada sea la 3R. Si bien, el aporte despegando por la 3L puede ser valorado, por distancia y tiempo recorrido hasta esta última, nunca alcanzará la contundencia de hacerlo por la 3R.

A continuación se presenta la carta de navegación para carreteos del aeropuerto Tocumen para que el lector pueda darse una imagen más clara de la situación que se describe.

Gráfica 3



(Jeppesen, 2013)

La siguiente tabla muestra la cantidad de vuelos y el tiempo total SET realizado en Panamá por cada pista asignada.

Tabla 12

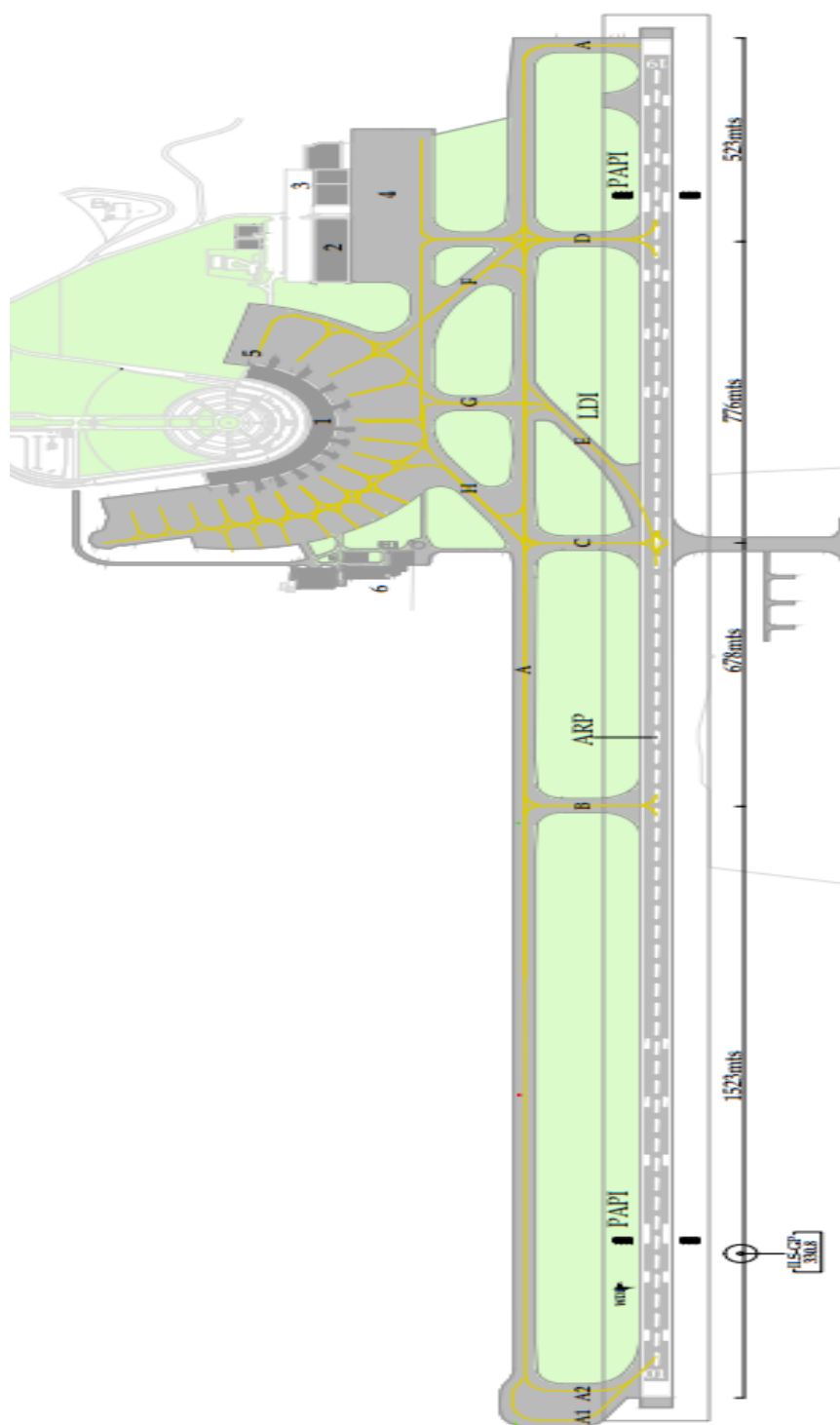
Cantidad y minutos SET por pista		
Panamá		
Pista	Cantidad de vuelos	Tiempo total
3R	444	2813:21
3L	133	782:53

(Fuente: elaboración propia)

Por último, Rionegro cuenta con una sola pista con dos cabeceras. La 19 y la 01. Para el caso de Rionegro, se utilizan ambas como configuración normal de aterrizajes y despegues, aunque la 1 es la más usada. Dada la posición del terminal de pasajeros en relación a ambas cabeceras, cuando la 01 sea la asignada, el carreteo será de gran relevancia para ahorros por medio de la iniciativa SET.

A continuación se presenta la carta de navegación para carreteos del aeropuerto Jose María Cordova para que el lector se pueda dar una imagen más clara de la situación que se describe.

Gráfica 4



(Aerocivil, 2014)

La siguiente tabla muestra la cantidad de vuelos y el tiempo total SET realizado en Rionegro por cada pista asignada.

Tabla 13

Cantidad y minutos SET por pista		
Rionegro		
Pista	Cantidad de vuelos	Tiempo total
1	272	2646:54
19	7	32:30

(Fuente: elaboración propia)

En cuanto a la cantidad de vuelos que ejecutaron SET y al tiempo total SET por tipo de avión, se evidenció un mayor esfuerzo en la flota Embraer como se muestra a continuación. Aunque la mayoría de flota de Copa Holdings es Boeing 737, la mayor ejecución de la iniciativa SET se ha hecho por parte de pilotos Colombianos quienes vuelan en su mayoría el Embraer.

Tabla 14

Cantidad y minutos SET por flota		
2015-2016		
Flota	Cantidad de vuelos	Tiempo total
Boeing	886	8741:49
Embraer	1322	13494:15
Total	2208	22236:04

(Fuente: elaboración propia)

En este capítulo se revisaron los hallazgos en la muestra de registros sobre *Single Engine Taxi* en la operación de Copa Airlines. Se presentaron las cifras de los vuelos que hicieron y los que no hicieron SET durante el periodo de tiempo que abarca la muestra. En seguida se presentaron los resultados operacionales SET por año, por mes y por aeropuerto. Se distinguieron los datos de cantidad de vuelos y tiempo total de SET realizado en minutos. Para finalizar, y al encontrar tres aeropuertos top ejecutores de la iniciativa, se entró a revisar detalladamente las cifras de cantidad de vuelos y tiempo de SET por pista en cada aeropuerto. Por último, se presentan los datos discriminados por tipo de avión. En el siguiente capítulo, y basado en los datos de este, se tratará el tema de ahorro de combustible en la operación al ejecutar la iniciativa de la cual trata esta investigación.

Capítulo 5

Ahorro de combustible por iniciativa SET

El ahorro de combustible, por medio de la iniciativa del carreteo a un solo motor, se calcula por medio de la ejecución o no ejecución de esta misma durante el periodo de tiempo en el que se tiene posibilidad de llevarla a cabo.

En concreto, el avión inicia su retroceso por medio de un carro de retro empuje sin necesidad de encender ningún motor. Cuando el retroceso finaliza, el piloto enciende el primer motor. Como se mencionó en el primer capítulo, luego de efectuar este procedimiento, el mismo piloto tendrá la posibilidad de decidir si continúa su trayecto hasta la cabecera de la pista con un motor o con dos. De optar por los dos motores, el capitán encenderá el segundo una vez haya encendido el primero. De lo contrario hará el carreteo con el único motor que encendió después de finalizar el retroceso.

De lo anterior surge el concepto e idea de ahorro. Específicamente, y como se ha explicado en el capítulo anterior, hay un periodo de tiempo que determina el tiempo total en que se hizo SET. Este surge de la diferencia entre el instante en que se encendió el motor 1 y el motor 2. Ahora bien, si durante este periodo de tiempo en mención un piloto utiliza un solo motor en vez de dos, se generará un ahorro equivalente a la diferencia en consumo de combustible de utilizar dos motores y utilizar un motor.

De acuerdo al área de mantenimiento y de ingeniería de Copa Airlines, los aviones Boeing y Embraer tienen un consumo promedio por motor de 25 libras por minuto. Esto indica que cada motor consume 12.5 libras por minuto en el escenario que ambos motores estén funcionando. Si el escenario es que se esté carreando con un solo motor, este último, deberá hacer un poco más de esfuerzo, en vista de que el empuje lo realizará uno en vez de dos, y consumirá una porción adicional que se calcula en 15 libras por minuto.

Así las cosas, el dato de ahorro de combustible por vuelo, al ejecutar la iniciativa de SET, surge de la siguiente manera. En primer lugar se debe hallar el consumo de dos motores por minuto en el tiempo posible de taxeo para realizar SET. En segundo lugar se halla el consumo por minuto de ese mismo tiempo posible de taxeo para realizar SET teniendo en cuenta que este motor consumirá 15 libras por minuto. Finalmente, la diferencia entre ambos consumos, con un motor y con dos, en el mismo periodo de tiempo en el que se cuenta con la posibilidad de efectuar SET, determinará el ahorro de combustible en el carreteo por vuelo.

A continuación, se presentan los datos de ahorro en galones. Esta conversión se realizó después de tener los datos en libras, y con el objetivo de utilizar una medida más familiar para un lector común y corriente.

Para empezar y en cuanto a los ahorros por tipo de avión, se evidenció un mayor logro en la flota Embraer como se muestra a continuación. Aunque, y como se mencionó anteriormente, la mayoría de flota de Copa Holdings es Boeing 737, la mayor ejecución de la iniciativa SET se ha hecho por parte de pilotos Colombianos quienes vuelan en su mayoría el Embraer.

Tabla 15

Ahorro total en galones por tipo de flota		
2015-2016		
Flota	Tiempo total SET	Ahorro galones
Boeing	8741:49	11919
Embraer	13494:15	17130
Total	22236:04	29049

(Fuente: elaboración propia)

En seguida se presentan los datos de ahorro por año y por mes teniendo en cuenta el tiempo total SET ejecutado. Es posible evidenciar, que los mayores meses, abarcados en la muestra, que generaron mayor ahorro fueron enero y febrero de 2015 y enero de 2016. El ahorro total de la muestra para todo el periodo de tiempo abarcado alcanzó 29,049 galones.

Tabla 16

Ahorro en galones por mes		
2015		
Mes	Tiempo de SET ejecutado	Ahorro Galones
Enero	4140:40	5906
Febrero	3662:50	5300
Marzo	2545:46	3693
Abril	1588:31	2025
Mayo	1987:10	2639
2016		
Mes	Tiempo de SET ejecutado	Ahorro Galones
Enero	3162:11	4000
Febrero	4988:49	5261
Marzo	160:07	225
Total	22236:04	29049

(Fuente: elaboración propia)

En concreto, y como se muestra en las siguientes tablas, Bogotá, Panamá y Rionegro mantienen los aportes más significantes en materia de ahorro por la operación que manejan. Por ejemplo, para 2015 el mes en el que se generó más ahorro en Bogotá fue enero con 4500 galones. En seguida Panamá en el mismo mes de enero y finalmente Rionegro en el mismo mes. Estos datos varían de acuerdo a la cantidad de registros capturados por mes, pero como se mencionó anteriormente, demuestran con claridad la realidad operacional de la compañía y no genera un sesgo importante en el análisis de datos sabiendo que la investigación se basó en una muestra concreta de vuelos y tiempo.

Tabla 17

Ahorro en galones por mes y aeropuerto			
2015			
Mes	Aeropuerto	Tiempo total SET	Ahorro galones
Enero	Bogota	3125:35	4500
	Panama	543:28	757
	Rionegro	471:37	649
Febrero	Bogota	2994:25	4370
	Rionegro	350:10	484
	Panama	318:15	446
Marzo	Bogota	2080:25	3034
	Panama	258:46	366
	Rionegro	206:35	293
Abril	Bogota	1393:25	1761
	Panama	110:42	149
	Rionegro	84:24	115
Mayo	Bogota	1758:55	2315
	Panama	153:00	216
	Rionegro	75:15	107

(Fuente: elaboración propia)

Por el mismo tema que se mencionó en el capítulo anterior, 2016 se analiza de forma más extensiva por la cantidad de aeropuertos involucrados en las capturas. Así en enero, además de los 3 aeropuertos principales, hubo ahorros importantes en los aeropuertos de San José de Costa Rica, Cali, Guatemala y Aruba. La siguiente tabla muestra los ahorros por aeropuerto en el mes de enero.

Tabla 18

Ahorro en galones por mes y aeropuerto			
2016			
Mes	Aeropuerto	Tiempo total SET	Ahorro galones
Enero	Orlando	10:14	15
	Punta Cana	22:03	30
	Santo Domingo	05:51	7
	Guatemala	59:08	82
	San Pedro Sula	25:04	33
	Mexico	27:54	40
	Cancun	50:13	72
	Panama	878:25	1194
	San Jose CR	71:51	99
	La Habana	10:42	15
	Bucaramanga	12:33	16
	Bogota	1581:22	1851
	Barranquilla	40:35	55
	Cucuta	04:26	6
	Cartagena	30:20	40
	Cali	79:17	101
	Pereira	03:13	4
	Rionegro	178:59	243
	San Andres	13:00	15
	Aruba	57:01	81

(Fuente: elaboración propia)

En febrero, como se puede evidenciar, se registraron ahorros importantes en aeropuertos de Cancún, Guatemala, Barranquilla y San José de Costa Rica.

Tabla 19

Ahorro en galones por mes y aeropuerto			
2016			
Mes	Aeropuerto	Tiempo total SET	Ahorro galones
Febrero	Los Angeles	16:45	24
	Punta Cana	67:02	90
	Santo Domingo	05:40	7
	Sgo de los caballeros	29:04	39
	Guatemala	94:55	133
	San Pedro Sula	25:22	34
	Kingston	13:00	19
	Mexico	23:13	31
	Cancun	93:00	127
	Panama	1300:42	1785
	San Jose CR	91:09	125
	La Habana	05:15	7
	Belo Horizonte	10:18	15
	Santiago de chile	17:29	25
	Bucaramanga	08:08	10
	Bogota	1489:52	1958
	Barranquilla	110:45	151
	Cucuta	10:28	12
	Cartagena	66:15	91
	Cali	81:25	106
	Pereira	20:44	27
	Rionegro	1284:30	276
	San Andres	40:39	57
	Lima	03:24	4
	Caracas	14:12	18
	San juan CR	13:50	19
	Aruba	51:43	69

(Fuente: elaboración propia)

Para el mes de marzo, los ahorros que se alcanzaron a recolectar en la muestra de datos corresponden a las tres principales ciudades de operación, con Bogotá liderando los esfuerzos y resultados, y con un aporte de los resultados en el aeropuerto de México donde se empezaron a registrar avances.

Tabla 20

Ahorro en galones por mes y aeropuerto			
2016			
Mes	Aeropuerto	Tiempo total SET	Ahorro galones
Marzo	Mexico	04:04	6
	Panama	32:56	46
	Bogota	95:13	134
	Rionegro	27:54	39

(Fuente: elaboración propia)

En términos generales, además de Bogotá, Panamá y Rionegro, las operaciones que más contribuyeron a la meta de ahorro durante el periodo que comprende la muestra fueron los aeropuertos de San José de Costa Rica, Barranquilla, Aruba, Punta Cana, Cali y Guatemala. La siguiente tabla muestra la información de tiempo total SET ejecutado y la cantidad de galones ahorrados en cada aeropuerto según la metodología presentada al inicio de este capítulo.

Tabla 21

Ahorro total en galones por aeropuerto		
2015-2016		
Aeropuerto	Tiempo total SET	Ahorro galones
Los Angeles	16:45	24
Orlando	10:14	15
Punta Cana	89:05	119
Santo Domingo	11:31	15
Santiago de los caballeros	29:04	39
Guatemala	154:03	215
San Pedro Sula	50:26	67
Kingston	13:00	19
Mexico	55:11	78
Cancun	143:13	199
Panama	3596:14	4960
San Jose CR	163:00	224
La Habana	15:57	22
Belo Horizonte	10:18	15
Santiago de chile	17:29	25
Bucaramanga	20:41	27
Bogota	14519:12	19924
Barranquilla	151:20	206
Cucuta	14:54	18
Cartagena	96:35	131
Cali	160:42	207
Pereira	23:57	31
Rionegro	2679:24	2206
San Andres	53:39	72
Lima	03:24	4
Caracas	14:12	18
San Juan	13:50	19
Aruba	108:44	149

(Fuente: elaboración propia)

En referencia a dar alcance a los objetivos de esta investigación en términos de ahorro, y entendiendo el tema monetario como una medida universal para establecer mediciones, a continuación se reflejan ahorros en dólares americanos.

Así las cosas, se tomó el precio por galón promedio para los periodos que se abarcaron en la muestra de datos. Así las cosas, el galón de combustible de avión oscilaba para 2015 por los 2 dólares con 6 centavos mientras que para el mismo periodo en 2016 se ubicó en 1 dólar con 4 centavos. De esta forma, se evidenciaron grandes ahorros en los meses de enero y febrero de 2015 y en el mes de febrero de 2016. El ahorro total alcanzado para todo el periodo analizado fue de 50,165 dólares.

Tabla 22

Ahorro en dólares por mes		
2015 precio por galón 2,06 USD		
Mes	Ahorro Galones	Dólares
Enero	5906	\$ 12.166,30
Febrero	5300	\$ 10.918,00
Marzo	3693	\$ 7.606,63
Abril	2025	\$ 4.172,27
Mayo	2639	\$ 5.435,94
2016 precio por galón 1,04 USD		
Mes	Ahorro Galones	Dólares
Enero	4000	\$ 4.160,00
Febrero	5261	\$ 5.471,64
Marzo	225	\$ 234,39
Total	29049	\$ 50.165,16

(Fuente: elaboración propia)

Capítulo 6

Estrategias para una nueva industrialización: una política de competitividad a propósito del sector aeronáutico

La industria colombiana se ha debilitado frente a las industrias de otros países americanos e inclusive unas contra otras industrias del país. Así surge una pregunta, ¿Qué necesita Colombia para ser más atractivo en términos de inversión, productividad y competitividad en el contexto del mundo globalizado? Colombia necesita de una política de competitividad concreta, oportuna y urgente para incrementar los niveles de atracción en relación a otros países americanos.

Las razones en las que se enfoca la el presente escrito son dos principalmente. La primera es que Colombia debe comprender con mayor profundidad el contexto de globalización en el que se encuentra sumergida actualmente. La segunda es que Colombia debe trabajar en mayores beneficios en materia de costos para el sector industrial y así ser más atractivo para la inversión nacional y extranjera.

En el mundo actual globalizado, los bienes y servicios son fruto de un conjunto de esfuerzos de varios países llamados cadenas de valor. Por ejemplo el I-Pad de Apple es resultado de la conglomeración de procesos industriales que se llevan a cabo en varias partes del mundo. Así, cada país aporta uno o algunos componentes según sus fortalezas y todos son finalmente ensamblados para venderse como I-Pad. Ahora bien, el Boeing 787 Dreamliner ensamblado en Seattle, WA en Estados Unidos, es también resultado de un conjunto grande de esfuerzos. Son más de 20 países desarrollando componentes para finalmente ensamblar el Avión (Master).

La idea obedece a la necesidad de involucrarse en estas cadenas de valor de las economías actuales. Con las condiciones presentes, la globalización, la competencia entre países, las ventajas competitivas de las naciones y las condiciones legales hacen más que necesario que los procesos industriales se hayan descentralizado (Master).

Pero, ¿Qué se requiere para insertarnos exitosamente en las cadenas actuales de valor? Según la ANDI, se necesita un análisis objetivo sobre las cadenas en las cuales queremos estar y los eslabones que se quieren ocupar. Además, se deben diseñar acciones estratégicas que nos permitan ser un jugador importante en las fases de producción y es necesario convertir estas estrategias en un propósito nacional (ANDI, 2015).

Ahora bien, un país es atractivo en materia de inversión, en primera medida, si las condiciones de producción son favorables. En específico, si los costos de producción son competitivos y permiten al negocio alcanzar su objetivo. De ahí viene la decisión de muchas multinacionales de establecer sus plantas de producción en un país u otro. A esto, se deben sumar los marcos legales actuales con un sin número de acuerdos bilaterales y de tratados de libre comercio que han replanteado el posicionamiento estratégico de los medios de producción involucrados en las facilidades.

Dentro de una estrategia de competitividad se deben tener en cuenta varias estrategias en términos de costos. En primer lugar, la incertidumbre jurídica debe ser la menor posible. Esto es en términos de costos, que estos parámetros se mantengan en el tiempo y no sean ni volátiles ni

vulnerables a factores ni internos ni externos. Además, los costos de producción deben ser competitivos. Por ejemplo, un país productor de energía, debería ofrecer costos competitivos a los industriales nacionales. También, el sistema tributario debe ser justo y no pretender apalancarse del sistema productivo. De hacerlo, las industrias no encontrarán atractivo establecerse en estos países (Master).

Por otro lado, los costos de logística, transporte e infraestructura deben estar a la vanguardia, ser competitivos en relación a países de la región y ofrecer condiciones favorables para los procesos productivos. Por ejemplo, no tiene sentido que el costo de transportar una mercancía de Colombia a China sea más alto en su trayecto Bogotá – Buenaventura que del puerto a las costas orientales del gigante asiático. Por su parte, los costos laborales deberían ser competitivos dentro de un marco de equidad y justicia. Esto es que el salario cubra la canasta básica y compita con los costos de otros países de la región. Por último, los trámites deben ser claros, concretos y de fácil gestión para apoyar el éxito productivo (Master).

Específicamente, el tema golpea a la industria aérea. Los esfuerzos también involucran empresas de servicio. La estabilidad jurídica debe hacer a Colombia un país atractivo para que aerolíneas extranjeras vuelen al país. Además, la logística y condiciones nacionales deben ser eficientes para que las empresas nacionales sean competitivas en relación a las extranjeras, y para que estas últimas vean atractivo operar en Colombia en término de costos y condiciones. Estas ideas incluyen el costo de combustible, las tarifas aeroportuarias, los servicios de concesionarios y proveedores de rampa, servicio a bordo y servicio a pasajeros.

Finalmente, comprender un poco más el contexto de globalización actual, le permitiría a Colombia involucrarse en cadenas de valor. Esto por medio del diseño de políticas, estrategias y programas que le permitan entender y alcanzar dicho objetivo. Además, si se trabaja en ser un país más competitivo en términos de costos, el país será más atractivo para inversionistas tanto nacionales como extranjeros, y podrá obtener mayor provecho de los acuerdos bilaterales con los que actualmente cuenta.

Conclusiones y recomendaciones

Los efectos que trae realizar una práctica como el carreteo a un solo motor o *Single Engine Taxi* (SET) es beneficioso para la sostenibilidad de una línea aérea en términos de costos y el ahorro asociado.

Si bien las bondades podrían ser grandes, hay que resaltar dos aspectos importantes. El primero es que la decisión de poner en marcha la iniciativa es netamente a discreción de las tripulaciones técnicas o pilotos que operan los vuelos. El segundo es que algunas condiciones especiales no permiten realizar la práctica.

Estos factores determinantes a la hora de realizar la práctica son el peso del avión, la humedad de las calles de rodaje por tiempo de lluvia, la altura y temperatura de algunos aeropuertos, los carreteo cortos y algunas inclinaciones de calles de rodaje en aeropuertos determinados.

En cuanto a los resultados operacionales, para la muestra se identificó una ejecución total de SET de 22,234 minutos y 25 segundos de 34,388 minutos y 7 segundo disponibles para realizarlo.

Sobre la oportunidad identificada se reveló que en la muestra hubo un total de 138,596 minutos y 59 segundos en donde se pudo haber puesto en marcha la iniciativa pero no se hizo. Este dato surge del tiempo disponible para hacer SET en aquellos vuelos que, o no realizaron

SET del todo, o aquellos vuelos que por el parámetro del 20% no alcanzaron a considerarse como aportante.

En relación al análisis por aeropuerto, se concluyó que en Bogotá se llevó a cabo la iniciativa durante el mayor tiempo registrado. Este dato ascendió a 14,517 minutos y 33 segundos. Le siguió el aeropuerto de Panamá y en seguida el aeropuerto de Rionegro que sirve a Medellín.

Por tipo de Flota, se identificó que la mayor cantidad de tiempo implementando la iniciativa se realizó en equipos Embraer. De aquí se desprende una gran oportunidad de mejora y recomendación sobre la flota Boeing. Pues esta es la mayoritaria en número en la compañía y donde se ha ejecutado menor tiempo.

Los datos expresados anteriormente, reflejan una mayor contribución y compromiso por parte del equipo de pilotos de Copa Airlines Colombia en concreto. De ahí, que la oportunidad de reforzarla con el equipo de Copa Airlines, sea enorme por la magnitud de la operación y los aeropuertos en que esta última opera.

En términos de ahorro, la idea global consistió en identificar la diferencia en consumo al realizar el carreteo con 2 motores y realizarlo con 1 motor sobre la realidad operacional ejecutada y recopilada en la muestra de datos. Es decir, sobre los minutos en que actualmente se hizo SET y teniendo en cuenta el parámetro explicado del 20% para consideración.

Así las cosas, el ahorro total identificado en la muestra fue de 29,049 galones, donde en Bogotá se aportó el 68%. Finalmente, el ahorro en dinero de toda la muestra ascendió a \$50,165.16 dólares.

Finalmente, el *Single Engine Taxi* o carreteo a un solo motor, es una iniciativa interesante y contundente para hacer de la compañía una mucho más rentable, sostenible y competitiva. No obstante debe saberse entender dado que sus resultados son discrecionales. En ese orden de ideas, Copa Airlines y Copa Airlines Colombia deben alinearse en la ejecución de esta iniciativa. Lo deben hacer en términos administrativos, entender ambas realidades operacionales, abrir las políticas de seguridad y compartir la información de forma abierta para trabajar el proyecto de forma conjunta y alcanzar mayores beneficios y resultados.

Bibliografía

Aerocivil. (11 de diciembre de 2014). *Publicación información aeronáutica - Cartas Rionegro*.

Recuperado el 9 de abril de 2016, de

<http://www.aerocivil.gov.co/AIS/AIP/AIP%20Generalidades/Aerodromos/42%20SKRG.pdf>

Aerocivil. (12 de noviembre de 2015). *Publicación de información aeronáutica - Cartas de navegación El Dorado*. Recuperado el 9 de abril de 2019, de

<http://www.aerocivil.gov.co/AIS/AIP/AIP%20Generalidades/Aerodromos/12%20SKBO.pdf>

ANDI. (2015). *Estrategias para una nueva industrialización*. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de

<http://www.andi.com.co/Asamblea/Documents/Libro/Estrategia%20para%20una%20nueva%20industrializacion.pdf>

Aviation, C. D. (6 de Diciembre de 2011). *Aviation pros*. Recuperado el 17 de Octubre de 2015, de <http://www.aviationpros.com/article/10467486/single-engine-taxi-program-will-reduce-emissions-and-save-fuel>

Aviation, C. D. (6 de Diciembre de 2011). *Aviation Pros*. Recuperado el 17 de Octubre de 2015, de <http://www.aviationpros.com/article/10467486/single-engine-taxi-program-will-reduce-emissions-and-save-fuel>

Bentley, J. (18 de abril de 2008). *Spanair Comparison of Fuel Consumption in: "Single Engine Taxi" and "Taxi with Two Engines"*. Recuperado el 20 de octubre de 2015, de

[http://www.obsa.org/Lists/Documentacion/Attachments/133/Spanair_casestudy_single_t
wo_engine_taxi_EN.pdf](http://www.obsa.org/Lists/Documentacion/Attachments/133/Spanair_casestudy_single_t
wo_engine_taxi_EN.pdf)

Boeing. (2002). *Boeing 737 Manual*. The Boeing Company.

Continental Airlines. (2002). *737 Flight Manual*. Houston: Continental Airlines.

Docus, M. (2005). One/Two engine taxi. *14th performance and operations conference*. Bangkok: Aribus.

Escobar, J. (25 de enero de 2016). Piloto Copa Airlines. (S. Bayón, Entrevistador)

Fernandez, J. (4 de abril de 2016). Piloto Copa Airlines. (S. Bayón, Entrevistador)

Jeppesen. (14 de febrero de 2013). *Panama City Charts*. Recuperado el 2016 de abril de 12, de <http://vatca.net/files/MPTO.pdf>

Juan Santiago Correa. (2014). *Escritura e Investigación Académica. Una guía para la elaboración del trabajo de grado*. Bogotá: CESA.

Massachusetts Institute of Technology, A. I. (s.f.). *Evaluation of Strategies for Reducing Taxi-out Emissions at Airports*. Recuperado el 24 de octubre de 2015, de <http://www.mit.edu/~hamsa/pubs/DeonandanBalakrishnanATIO2010.pdf>

Master, B. M. *Estrategias para una nueva industrialización*. ANDI, Bogotá, Colombia.

SITA. (2015). *AIRCOM: ACARS Service*. Recuperado el 23 de Octubre de 2015, de <https://www.sita.aero/solutions-and-services/products/aircom-acars-services>